

# Datas de sementeira do sorgo sacarino para bioetanol

## Sowing dates of sweet sorghum for bioethanol

Maria Ermelinda Lourenço<sup>1</sup>, Maria Isabel Januário<sup>2</sup> e Vitor Massa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal.

E-mail: melouren@uevora.pt, author for correspondence

<sup>2</sup> Centro de Engenharia dos Biosistemas (CEER), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. E-mail: minj@isa.utl.pt.

Recebido/Received: 2013.02.18

Aceitação/Accepted: 2013.04.27

### RESUMO

Neste trabalho avaliou-se o efeito da data de sementeira nas características de produção e composição em açúcares do sorgo sacarino, em função das quais se estimou o potencial de produção de bioetanol a partir desta cultura. O estudo foi conduzido durante dois anos (2005 e 2006), com a variedade de sorgo sacarino Madhura. A sementeira foi efectuada nas datas de 17 de maio, 31 de maio, 14 de junho e 28 de junho. Na sementeira efectuada a 17 de maio a produção de caules verdes e secos atingiu os valores de 66 e 13,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, as quais foram significativamente superiores às obtidas nas sementeiras de junho. A produção máxima de açúcar naquele mês foi de 4,6 t ha<sup>-1</sup>, o que corresponde à produção estimada de 2300 L ha<sup>-1</sup> de bioetanol. Os resultados alcançados permitem concluir que as datas de sementeira de maio foram as que melhor potenciaram a aptidão do sorgo sacarino como cultura energética, para a produção de bioetanol.

**Palavras-chave:** Açúcares, bioetanol, data de sementeira, sorgo sacarino

### ABSTRACT

In this work it was evaluated the effect of sowing date on the production characteristics and sugars composition of sweet sorghum. Based on these parameters the potential for bioethanol production from this crop was estimated. The study was conducted over two years (2005 and 2006), with the variety Madhura. The sowing was carried out on four dates: May 17, May 31, June 14, and June 28. In May 17, the yield of fresh and dry stems attained the values of 66 and 13.8 t ha<sup>-1</sup>, respectively. These values were significantly higher than those obtained in June seeding dates. The maximum sugar yield in May was 4.6 t ha<sup>-1</sup>, equivalent to 2300 L ha<sup>-1</sup> of bioethanol. The results obtained suggest that the sowing dates of May were those that best prompted the suitability of sweet sorghum as energetic crop for bioethanol production.

**Keywords:** Bioethanol, sugar, sowing date, sweet sorghum

### Introdução

Portugal, e em particular na região do Alentejo, está sujeito a um clima com duas épocas marcadamente distintas, uma húmida e outra seca.

A água doce é um dos recursos naturais, sobre o qual, nas últimas décadas mais se tem discutido acerca da sua disponibilidade num futuro próximo. Em zonas do país onde os recursos hídricos são pouco abundantes, torna-se necessário racionalizar a utilização da água na rega, tendo em conta que em primeiro lugar estará sempre a utilização doméstica deste recurso. No entanto, a nível mundial, em 1990, a água utilizada na agricultura representava 65% da água utilizada pelo Homem (Chiaramonti *et al.*, 1998).

Na actividade agrícola, nas épocas de maior escassez, a água tem sido racionalizada e o seu uso tem tido custos crescentes. Em certas culturas, contudo, a água torna-se indispensável, como é o caso de grande parte das culturas de primavera-verão. No estio, nos últimos anos tem-se verificado a existência de secas, o que provocou uma redução da água armazenada nas albufeiras das barragens. É, por isso, importante encontrar espécies que se adaptem e que tenham menores necessidades hídricas do que as culturas tradicionalmente praticadas.

A cultura do sorgo sacarino, como bioenergética, para ser uma alternativa viável às existentes, terá que requerer menores dotações para a produção de bioetanol do que, por exemplo, os 6000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ou

mais que o milho necessita. Também é menos exigente em azoto (Anderson *et al.*, 1995) o que além de contribuir para a redução dos custos também é favorável para o ambiente evitando assim a poluição das águas com nitratos. Além disso, é uma cultura que pode ser utilizada com dupla aptidão (Rajvanshi e Nimbkar, 2008) já que existem variedades em que o teor em açúcares dos caules não diminui drasticamente com o enchimento do grão.

A data de sementeira pode ser preponderante no sucesso de uma cultura. No caso do sorgo sacarino, é aconselhado que ocorra na primavera, quando a temperatura do solo seja superior a 18,5 °C (FAO, 2005).

Experiências realizadas, revelaram que a época ideal, para proceder à sementeira desta planta, se situa no mês de maio (Bitzer, 1997). Segundo o mesmo autor, é desejável que a época de sementeira se situe entre 1 e 20 de maio para as variedades de ciclo mais longo e até 1 de junho para as de ciclo mais curto. Fernandez (1998) sugere que em Espanha a sementeira deverá ser feita entre abril e maio. Quando esta é realizada após maio, geralmente o resultado traduz-se em baixas produções e baixo conteúdo em açúcares.

Procurou fazer-se, através desta experimentação, a análise produtiva e qualitativa da variedade de sorgo sacarino Madhura, proveniente da Índia, quando submetida a diferentes datas de sementeira quinze-nais.

## Material e métodos

### Metodologia de campo

O estudo decorreu no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, da Universidade de Évora, em 2005 e 2006. Utilizou-se um solo mediterrâneo (Pmg) cujos valores da análise sumária no primeiro ano foram 762 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 348 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 2,18% de matéria orgânica e 7,01 de pH (H<sub>2</sub>O) e, em 2006, de 468 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 320 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 7,48 de pH (H<sub>2</sub>O). Em função destes resultados, apenas se aplicaram 100 kg ha<sup>-1</sup> de azoto, por ano, repartidos em duas aplicações de 50 kg ha<sup>-1</sup> à sementeira e quando as plantas apresentaram cerca de 30 cm de altura.

A variedade Madhura foi semeada nas datas de 17 de maio, 31 de maio, 14 de junho e 28 de junho, em talhões de 7,5 m<sup>2</sup> (3 m×2,5 m) com quatro linhas distanciadas de 75 cm, num delineamento experimental de blocos casualizados completos com quatro repetições.

As sementes foram colocadas em covachos distanciados de 13,3 cm, de modo a assegurar um povoamento de 10 plantas por m<sup>2</sup>, após desbaste, para o que se utilizaram 12 kg ha<sup>-1</sup> de semente.

Foi praticada uma rega diária de 3,9 L m<sup>-2</sup>, a partir da sementeira, pelo sistema gota-a-gota, o que representou uma dotação total de cerca de 4500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Os valores de temperatura e precipitação que se registaram durante os meses em que decorreu o ensaio e os ocorridos no período 1951-1980 são apresentados na Figura 1.

Conforme se pode verificar, durante o período experimental as temperaturas foram mais elevadas do que as médias do trinténio considerado, principalmente em 2006. No que se refere à precipitação, em 2005 choveu menos, excepto nos meses de maio, julho e outubro, enquanto 2006 foi mais chuvoso em junho e de agosto a outubro.

Quando foi atingido o estágio de grão leitoso-pastoso, para cada data de sementeira em estudo, colheram-se quatro plantas, provenientes de 0,398 m<sup>2</sup> (0,53×0,75 m) numa das linhas centrais dos talhões, para avaliação da produção de matéria verde e matéria seca em caules. As datas de colheita são apresentadas na Quadro 1.

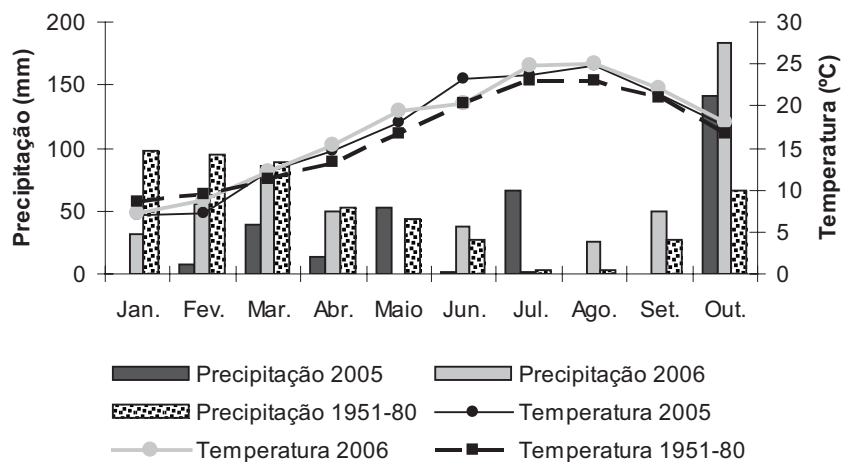
**Quadro 1** – Datas de colheita por data de sementeira e ano

Data de sementeira	Ano	
	2005	2006
17 maio	8 set	11 set
31 maio	22 set	25 set
14 junho	6 out	16 out
28 junho	20 out	3 nov

Nestas datas procedeu-se também à colheita das plantas destinadas à análise da composição dos caules, enquanto matéria-prima para obtenção de bioetanol.

### Metodologia laboratorial

Para cada data de sementeira e em cada ano, procedeu-se à análise da composição da fracção líquida dos caules, particularmente do seu conteúdo em açúcares. Esta análise foi realizada no Laboratório de Agronomia Tropical do Instituto Superior de Agronomia (UTL), onde se efectuou a determinação do rendimento em sumo dos caules e do seu teor em sólidos solúveis e em açúcares. No primeiro ano, o teor em açúcares da variedade em estudo, por data de sementeira, foi estimado de acordo com a metodologia descrita em Lourenço *et al.* (2007). No



**Figura 1** – Valores das temperaturas médias e da precipitação mensais para o período de ensaio e o trintênio 1951/80 (INMG, 1991).

segundo ano, além da determinação dos sólidos solúveis (Brix), foi efectuada a análise da composição em açúcares para a variedade Madhura, nas diferentes datas.

Nas determinações do Brix e dos açúcares, para cada data em cada ano, foram usadas quatro amostras preparadas a partir dos caules desfolhados de quatro plantas. Cada amostra incluiu porções de três zonas longitudinais dos caules (base, média e apical), de forma a ter em conta a variação do teor em açúcares ao longo do caule (Janssen *et al.* 1930). A extracção do sumo foi realizada num liquidificador laboratorial (Waring), misturando a amostra de sorgo (cerca de 100g) com cinco vezes a sua massa de água destilada, à temperatura ambiente e com agitação durante 10 minutos. Procedeu-se de seguida à separação da fracção sólida (fibra) por filtração, através de um saco de pano adequado ao efeito, e no qual ficou retida aquela fracção, de forma a obter o sumo diluído de sorgo sem partículas sólidas. A fracção sólida, várias vezes lavada em água corrente e de seguida espremida de modo a eliminar os sólidos solúveis retidos, foi submetida a secagem em estufa a 90° C até massa constante, o que permitiu conhecer o teor de fibra (resíduo sólido insolúvel) da amostra. A partir deste teor, e por diferença em relação à massa de amostra usada na extracção, calculou-se o teor de sumo dos caules.

O sumo diluído, extraído de cada amostra de sorgo, foi submetido à determinação do Brix e à análise dos açúcares por HPLC [*High Performance Liquid Chromatography*] após filtração da amostra com membrana filtrante (com 45mm de poro).

Os teores determinados foram reportados para o sumo original na amostra (sumo não diluído) e para

os caules, por correcção com o factor de diluição da amostra.

### Determinação do Brix

O teor de sólidos solúveis (Brix) foi determinado, em duplicado para cada amostra, por refractometria a 20 °C, com utilização do refractómetro de Abbe (Bellingham e Stanley).

### Doseamento dos açúcares

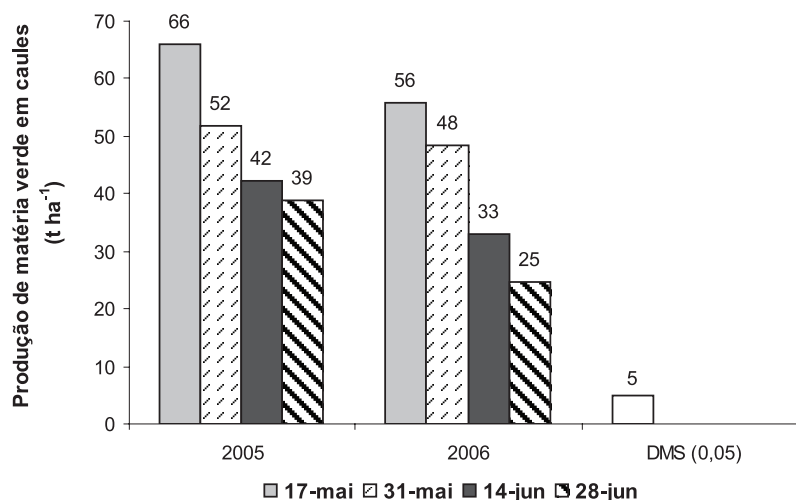
Os açúcares foram doseados, em duplicado para cada amostra, por HPLC-RI, com utilização da coluna de troca catiónica (Ca<sup>2+</sup>) Sugar-Pak I (300 x 6,5 mm, 5 mm, Waters), a 90 °C, usando como solvente uma solução aquosa de EDTA-Ca (0,05 g L<sup>-1</sup>) com um fluxo de 0,5 mL min<sup>-1</sup> (Ivie, 1982). A quantificação destes compostos foi efectuada pelo método do padrão externo.

A determinação laboratorial dos açúcares só foi possível no segundo ano de ensaio, tendo-se estimado a sua produção para o primeiro ano considerando o valor mínimo de 30 %, referido na bibliografia, para a concentração de açúcares na matéria seca dos caules.

## Resultados e discussão

### Produção de matéria verde e de matéria seca em caules

Avaliou-se a produção de matéria verde em caules por data de sementeira e ano que se apresenta na Figura 2.



**Figura 2** – Produção de matéria verde em caules por data de semeadura e ano.  
DMS (0,05) - diferença mínima significativa a  $p < 0,05$ .

Foi evidente o decréscimo da produção de caules verdes com o atraso na data de semeadura. A maior parte dos valores obtidos situou-se no intervalo de 40-64 t ha<sup>-1</sup> referido por Woods (2001).

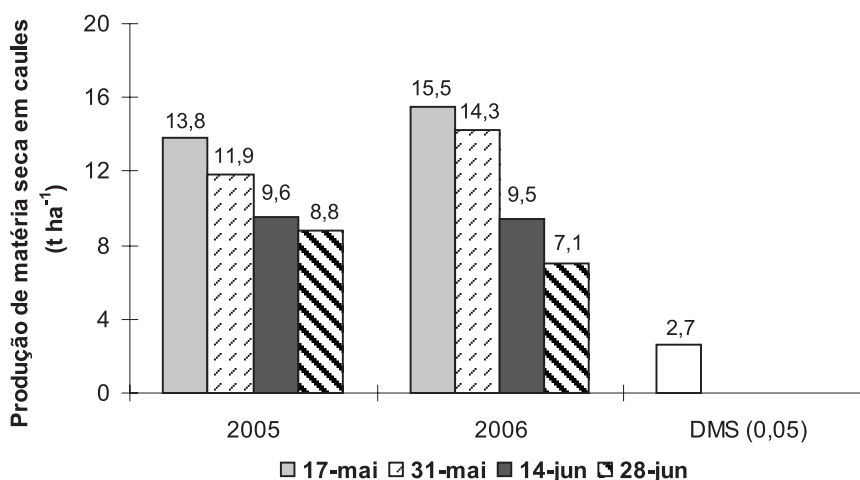
Na Figura 3 apresentam-se os resultados obtidos no que se refere à produção de matéria seca em caules nos dois anos de ensaio.

No primeiro ano verificou-se uma tendência para a produção diminuir com o atraso na data de semeadura. Em 2006, observou-se uma diferença significativa de produção das duas primeiras datas (meados e fim de maio) para as últimas (meados e fim de junho). Neste último ano, foi ainda mais evidente a influência positiva da semeadura realizada mais cedo.

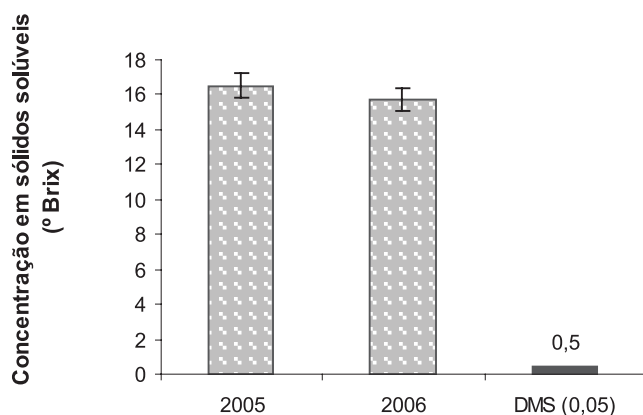
### Brix do sumo dos caules

Dado que no teor de sólidos solúveis a interação entre o ano e a data de semeadura não se revelou significativa, na Figura 4 representam-se apenas a média e o desvio padrão dos valores de Brix registados em cada um dos anos em estudo.

Conforme se pode observar, a diferença dos valores de Brix foi significativa entre 2005 e 2006, sendo que no segundo ano os valores foram mais baixos, passando de 16,5 para 15,7 °Brix, o que poderá atribuir-se às temperaturas mais elevadas do que as normais ocorridas no final do ciclo da cultura no último ano.



**Figura 3** – Produção de matéria seca em caules por data de semeadura (2005 e 2006).  
DMS (0,05) - diferença mínima significativa a  $p < 0,05$ .



**Figura 4** – Concentração média em sólidos solúveis no sumo dos caules.  
DMS (0,05) - diferença mínima significativa a  $p < 0,05$ .

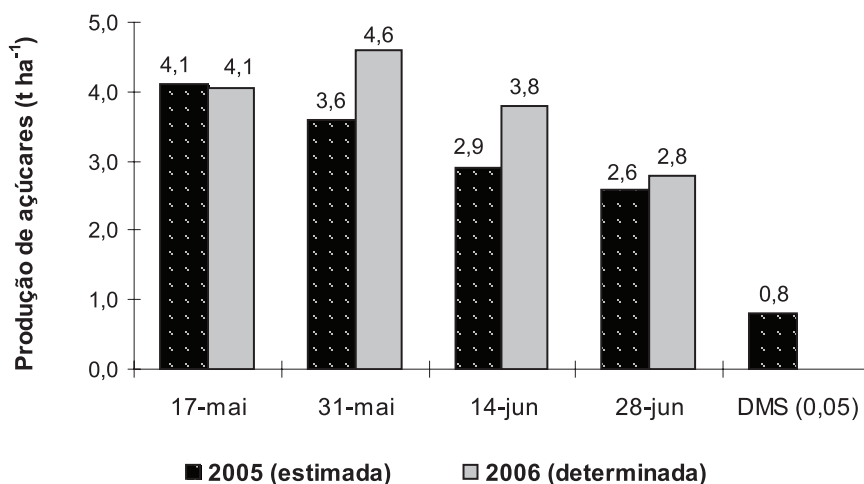
### Produção total de açúcares

Para o ano de 2005, e pelas razões já apontadas na metodologia, atendeu-se a que os valores do teor de açúcares nos caules secos variam normalmente entre 30 e 40%, conforme referido por Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999) e Fernandez (1998). Embora possivelmente subestimando o valor de produção de açúcares, foi considerado o valor de 30% (Figura 5).

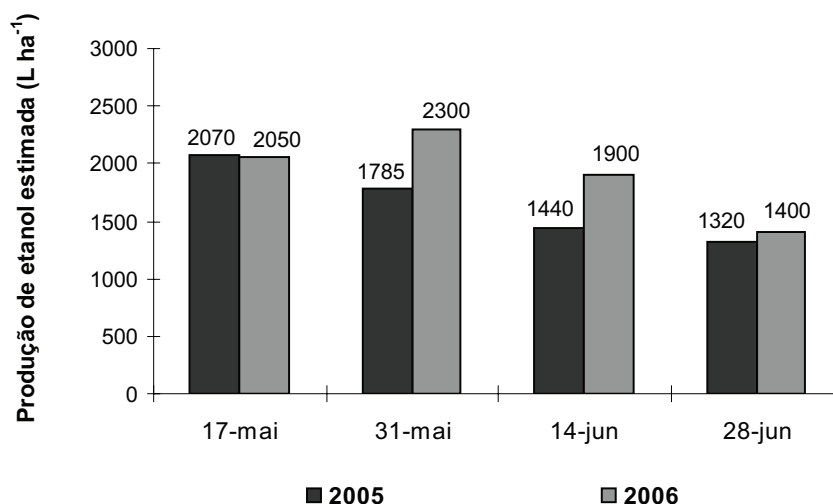
Verificou-se a tendência para uma diminuição da produção de açúcares para as datas de sementeira mais tardias, tendo-se registado o valor máximo de  $4,6 \pm 0,77 \text{ t ha}^{-1}$  na sementeira de final de maio de 2006.

### Produção potencial de bioetanol

Os valores da produção de bioetanol podem ser estimados atendendo a que, segundo Fernandez (1998), 2 kg de açúcar dão origem a 1 L de etanol. Admitindo esta relação, podemos inferir que os valores obtidos neste estudo foram os que se apresentam na Figura 6. Os valores calculados foram inferiores aos  $6000 \text{ L ha}^{-1}$  obtidos pelo referido autor o que poderá atribuir-se fundamentalmente ao facto da variedade usada neste estudo não ter sido das mais produtivas, de se ter utilizado semente produzida no ano anterior e também devido a menores quantidades de água e fertilizantes aplicados.



**Figura 5** – Produção média de açúcares estimada em 2005 e determinada em 2006.  
DMS (0,05) - diferença mínima significativa a  $p < 0,05$ .



**Figura 6** – Produção de etanol estimada nos dois anos de ensaio.

Segundo Campos e Marcos (2002), a produção de bioetanol para a beterraba é cerca de 90 L t<sup>-1</sup> de raiz e para o milho é de 370 L t<sup>-1</sup> de grão. Admitindo uma produção de 60 t ha<sup>-1</sup> de raízes e 11 t ha<sup>-1</sup> de grão, a produção de bioetanol destas duas culturas seria de 5400 e 4070 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores são superiores aos estimados para o sorgo. Porém, para os atingir, na região, é necessário maior investimento em factores de produção, nomeadamente água de rega e fertilizantes.

## Conclusões

Pela apreciação global dos resultados, torna-se evidente que as duas primeiras datas de sementeira foram as mais produtivas para a maioria dos parâmetros analisados, não tendo havido porém diferenças significativas entre elas. No entanto, a primeira data mostrou tendência para ser a mais produtiva em caules verdes e secos. Em relação à concentração em sólidos solúveis, apenas se verificaram diferenças entre os valores médios dos dois anos e não entre datas. Face a estes resultados, apontam-se as duas primeiras datas, em maio, como as melhores para a sementeira desta cultura e sugere-se que futuramente sejam testadas datas mais antecipadas, digamos a partir de abril, numa tentativa de aumentar a produtividade da cultura.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo Projecto INTERREG III B 'ECAS – Energy Crops in the Atlantic Space'.

## Referências Bibliográficas

- Alexopoulou, E. e Chatziathanassiou, A. (1999) - *Description of growing experience on sweet sorghum in Greece* [em linha]. Greece, European Energy Crops InterNetwork, Biobase [consultado 2004-10-01]. Disponível em: <<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10214.html>>.
- Anderson, I.C.; Buxton, D.R.; Allam, A. e Hunter, E. (1995) - Biomass production and ethanol potential from sweet sorghum. In: *Leopold Center Progress Report* [em linha], vol.4, p. 97-101. Ames, USA, Leopold Center for Sustainable Agriculture, Iowa State University, [consultado 2011-10-21]. Disponível em: <<http://www.leopold.iastate.edu/sites/default/files/grants/1991-46.pdf>>.
- Bitzer, M.J. (1997) - *Production of sweet sorghum for syrup in Kentucky* [em linha], Lexington, Kentucky, USA, Cooperative Extension Service, College of Agriculture, University of Kentucky [consultado 2004-10-20]. Disponível em: <<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr122/agr122.pdf>>.
- Campos, M. e Marcos, F. (2002) - Alcoholes. In: Michelena M.C. e Martin, F.M. (Eds.) - *Los biocombustibles*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 312-342.
- Chiaromonti, D.; Grassi, G.; Nardi, A. e Grimm, H.-P. (1998) - *ECHI-T: Large bio-ethanol project from sweet sorghum in China and Italy* [em linha]. [consultado 2004-09-21]. Disponível em: <<http://bioproducts-bioenergy.gov/pdfs/bcota/abstracts/30/z160.pdf>>.
- FAO (2005). *Sorghum bicolor (L.) Moench* [em linha]. [consultado 2005-10-20]. Disponível em: <<http://>>



[www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/data/pf000319.htm](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/data/pf000319.htm).

Fernandez, J. (1998) - *Outlooks of sweet sorghum crop for ethanol production in Spain based on varietal results in multilocal trial* [em linha]. Spain, European Energy Crops InterNetwork, Biobase. [consultado 2004-09-21]. Disponível em: <<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10191.html>>.

INMG (1991) - *O Clima de Portugal – Normais climatológicas da Região de «Alentejo e Algarve» correspondentes a 1951-80*, Fascículo XLIX, vol. 4 – 4ª Região, Lisboa, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.

Ivie, K.F. (1982) - High-Performance Liquid Chromatography in sugar analysis. *Sugar y Azucar*, vol.77, n.2, p. 44-56.

Janssen, G.; McClelland, C.K. e Metzger W.H. (1930) - Sap extraction of sorghum and the localization

of juice and sugars in internodes of the plant. *Journal of the American Society of Agronomy*, vol.22, n.7. p. 627-638.

Lourenço, M.E.V.; Massa, V.M.L.; Palma, P.M.M. e Rato, A.E.M. (2007) - Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, vol.30, n.1, p. 103-110.

Rajvanshi, A.K. e Nimbkar, N. (2008) - *Sweet sorghum R&D at the Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI)* [em linha]. Maharashtra, India, Nimbkar Agricultural Research Institute, 10 p. Disponível em: <<http://www.nariphaltan.org/sorghum.pdf>>.

Woods, J. (2001) - The potential for energy production using sweet sorghum in Southern Africa. *Energy for Sustainable Development*, vol.5, n.1, p. 31-38.